

# 聚赖氨酸与魔芋葡甘聚糖复配对海鲈鱼片的保鲜效果

张海燕<sup>1,2</sup>, 吴燕燕<sup>1,2\*</sup>, 杨少玲<sup>1</sup>, 杨贤庆<sup>1</sup>, 林婉玲<sup>1</sup>, 黄卉<sup>1</sup>

1 (中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 广东 广州, 510300)

2 (广东海洋大学 食品学院, 广东 湛江, 524088)

**摘 要** 通过测定鱼片的 pH、汁液流失率、质地、硫代巴比妥酸(TBA)、挥发性盐基氮(TVB-N)、菌落总数和感官品质的变化, 研究  $\epsilon$ -聚赖氨酸( $\epsilon$ -polylysine,  $\epsilon$ -PL)与魔芋葡甘聚糖(konjac glucomannan, KGM)复配对海鲈鱼片在 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下贮存 12 d 的感官品质和物理化学特性的综合影响。结果表明, 对照组在第 9 天时菌落总数高达  $6.34 \lg \text{CFU/g}$ , 已超过二级鲜度标准, 感官分值不可接受, 而  $\epsilon$ -聚赖氨酸与魔芋葡甘聚糖组(K+P)样品仍保持较好的感官品质, 在 12 d 时, TBA 值和 TVB-N 值分别为  $0.765 \text{ mg/kg}$  和  $20.25 \text{ mg/100 g}$ , 同时, pH、汁液流失率、质地、菌落总数和感官品质均低于单一保鲜组和对照组。 $\epsilon$ -聚赖氨酸与魔芋葡甘聚糖复合保鲜效果优于单一保鲜剂和对照组, 能显著延长海鲈鱼保质期至 9 d 以上。该研究为今后水产品保鲜提供了新的方向, 也为  $\epsilon$ -聚赖氨酸与魔芋葡甘聚糖的应用提供了理论参考。

**关键词** 海鲈鱼;  $\epsilon$ -聚赖氨酸; 魔芋葡甘聚糖; 冷藏; 保鲜

海鲈(*Lateolabrax japonicus*)是我国重要的海水鱼类之一<sup>[1]</sup>, 2017 年海鲈养殖产量已达  $15.7 \text{ 万 t}$ <sup>[2]</sup>。海鲈鱼肉质洁白, 骨刺较少, 蛋白质含量高, 且必需氨基酸和鲜味氨基酸含量丰富, 也含有较高的不饱和脂肪酸及微量元素<sup>[3-4]</sup>, 是人类获取优质蛋白质的理想食材<sup>[5-6]</sup>。然而, 由于腐败微生物的生长以及内源性酶促进肌肉蛋白水解、脂肪类物质的水解及氧化等, 造成新鲜的海鲈鱼极易腐败变质, 所以, 新鲜海鲈鱼较短的货架期阻碍了产品的流通销售, 也降低了其商业价值<sup>[7]</sup>。因此, 提高鲜海鲈鱼的保鲜品质, 延长其货架期是当前产业急需解决的问题。 $\epsilon$ -聚赖氨酸(polylysine, PL), 是通过羧基和  $\epsilon$ -氨基之间的异肽键连接的一种天然存在的均聚物<sup>[8]</sup> 该化合物可溶于水, 可食用, 对人体无毒, 在酸性条件下具有热稳定性, 并且对革兰氏阳性和革兰氏阴性细菌, 酵母和真菌具有广谱抗菌活性<sup>[9]</sup>。在日本、韩国和美国,  $\epsilon$ -PL 被广泛应用于食品防腐剂, 如方便米饭、湿熟面条、熟菜、海产品、酱类、酱油、鱼片和饼干等的保鲜防腐中<sup>[10-15]</sup>。

魔芋葡甘聚糖(konjac glucomannan, KGM)是一种从魔芋的块茎中分离出来的水溶性多糖(膳食纤维), 具有降低甘油三酯, 胆固醇, 血糖, 血压和体重, 促进肠道活动和人体免疫增强功能等特点<sup>[16-19]</sup>。此外, 由于具有良好的吸水性, 稳定性, 成膜性, 增稠性和乳化性, KGM 还被用作食品添加剂<sup>[20]</sup>, 广泛用于魔芋果冻, 面条, 豆、腐等药材和传统食品等<sup>[21]</sup>。同时, KGM 也是一种具有良好的持水能力、流变性和抗菌性的经济、高效、天然的食品保鲜剂<sup>[22-30]</sup>, 在果蔬保鲜中应用广泛, 鲜见于其他食品如水产品、肉制品及蛋制品等的应用。

本研究在前期试验基础上, 采用  $\epsilon$ -PL 与 KGM 复配后用于海鲈鱼片的保鲜中, 研究其对冷藏期间海鲈鱼片的保鲜效果, 以期在海鲈鱼片的保鲜提供技术支持, 从而为企业应用提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与试剂

鲜活海鲈鱼, 购自广州华润万家超市, 每尾约  $400 \sim 600 \text{ g}$ , 体长  $25 \sim 35 \text{ cm}$ 。 $\epsilon$ -PL, 购自上海麦克林生化有限公司。KGM, 购自合肥博美生物科技有限公司。

高氯酸、三氯乙酸、三氯甲烷、2-硫代巴比妥酸、NaCl 等, 均为国产分析纯, 购于广州化学试剂厂; 平板计数琼脂(PCA), 青岛高科园海博生物科技有限公司。

第一作者: 硕士研究生(吴燕燕研究员为通讯作者, E-mail: wuyygd@163.com)。

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(中国水产科学研究院南海水产研究所)(2018ZD01); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-47); 国家重点研发计划资助(2018YFD0901006)

收稿日期: 2019-04-25, 改回日期: 2019-08-27

1.2 仪器与设备

SW-CJ-1FD 超净工作台,苏州净化设备有限公司;SQ510C 立式压力蒸汽灭菌锅,日本 YAMATO;SPX-320 生化培养箱,宁波江南仪器厂;BS124S 型电子天平,德国 Sartorius 公司;THZ-D 台式恒温振荡器,太仓实验设备厂;T50 型均质机,德国 IKA 工业设备公司;IS126pH 计,上海仪迈仪器科技有限公司;3K30 台式高速冷冻离心机,德国 Sigma 公司;UV2550 型紫外-可见分光光度计,日本 SHIMADZU 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

选取大小规格差不多的海鲈鱼,去除鱼鳞与内脏后,沿着脊椎骨剖开取出鱼片,鱼片用水冲洗干净,沥水,并对样品进行分组处理。

$\epsilon$ -PL 与 KGM 复配处理组组(P+K 组):经过  $\epsilon$ -PL 与 KGM 复配液浸泡(经前期预实验,复合保鲜液制备为:含 0.4%(质量分数)的  $\epsilon$ -PL 与含 0.3%的 KGM);PL 组:仅使用 0.4%(质量分数)的  $\epsilon$ -PL 浸泡;KG 组:仅使用 0.3%(质量分数)的 KGM 浸泡;对照组:在蒸馏水中浸泡。

各组在  $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$  下,料液比为 1:3 下浸泡 15 min 后,将鱼样单独装袋并放置于  $4^\circ\text{C}$  恒温冰箱中冷藏,随后分别在第 0、3、6、9、12 天取样测定其微生物与各项理化指标。

1.3.2 汁液流失率测定

汁液流失率是在贮藏过程中流失的汁液重量占鱼片初始重量的百分比,按照公式(1)计算:

$$M'/\% = \frac{M_1 - M_0}{M_2 - M_0} \times 100 \tag{1}$$

式中: $M'$ ,汁液流失率,%; $M_0$ ,包装袋的质量,g; $M_1$ ,包装袋、汁液和鱼肉的质量,g; $M_2$ ,包装袋和汁液的质量,g。

1.3.3 感官评定

根据文献<sup>[4]</sup>方法略有修改,对海鲈鱼片试验样品进行感官评定,样品随机编码,并选取 6 名品评定,评定前,先向品评员提出具体的要求,让品评员对评价标准有一致的理解,评定 3 次且品评员之间不互相交换意见。品评员对样品的外观、异味、色泽和质地 4 个方面进行评价,最后将评分进行统计分析,具体评分标准见表 1。

1.3.4 pH 测定

参考 HE 等<sup>[31]</sup>方法。称取 5 g 鱼肉,加入 45 mL 的蒸馏水,用高速离散均质机均质 1 min (10 000

r/min)后,静置 30 min 后用 pH 计测定。

表 1 感官评分标准

Table 1 The standard of sensory score					
感官评价	好(90~100 分)	较好(60~80 分)	一般(30~50 分)	最差(0~20 分)	权重/%
外观	非常明亮	明亮	微暗	发暗	20
色泽	肉色半透明有光泽	光泽略有消失	光泽消失	变色	20
气味	新鲜鱼特有的气味	无明显气味	轻微腥味	异味较重	30
质地	坚实有弹性	较坚实,有弹性	中度柔软,弹性较差	非常柔软,失去弹性	30

1.3.5 硫代巴比妥酸值(TBARS)测定

参考 CHAIJAN 等<sup>[32]</sup>的方法。准确称取海鲈鱼片鱼肉 5.00 g,加入三氯乙酸溶液(7.5%,含 0.1% EDTA- $\text{Na}_2$ )25 mL,振摇 30 min 后用双层滤纸过滤 2 次,取 5 mL 上清液加入 2-硫代巴比妥酸溶液(0.02 mol/L)5 mL,沸水浴保温 40 min 后冷却至室温,然后加入 5 mL 三氯甲烷充分振摇数分钟后静置,待溶液分层后测上清液在 532 nm 处的吸光值,以 5 mL 蒸馏水代替 5 mL 上清液作为空白对照。丙二醛(malondialdehyde,MDA)含量通过 1,1,3,3-四乙氧基丙烷标准曲线标定计算得出,用以表征 TBARS,结果表示为 mg/kg。

1.3.6 挥发性盐基氮值(TVB-N)测定

按照 GB 5009.228—2016《食品中挥发性盐基氮的测定》进行测定<sup>[33]</sup>。

1.3.7 菌落总数的测定

按照 GB 4789.2—2016《食品微生物学检验-菌落总数测定》进行测定<sup>[34]</sup>。

1.3.8 质构测定

参考徐军方等<sup>[35]</sup>方法。将样品切成 20 mm  $\times$  20 mm  $\times$  10 mm 肉块。采用 TexturePro 质构分析仪,每个样品平行测定 6 次,测定参数:测试前速率 2.00 mm/s,测试速率 1.00 mm/s,测试后速率 1.00 mm/s,压缩程度 50%,停留时间间隔 5 s,触发力 5.0 g,测试探头为 TA44。

1.3.9 数据分析

每个样品设 3 个平行,采用 Origin 8.5 和 SPSS 20.0 软件进行数据分析,显著性差异采用 Duncan 多重比较检验分析,结果以平均值  $\pm$  标准偏差表示, $P < 0.01$  为极显著, $P < 0.05$  为显著, $P > 0.05$  为不显著。

2 结果与分析

2.1 海鲈鱼冷藏期间汁液流失率的变化

汁液流失率是鱼肉在贮藏过程中衡量鱼肉蛋白

持水性的重要指标<sup>[35]</sup>。由图 1 可知,各处理组的海鲈鱼片在贮藏过程中,汁液流失率均随时间的延长而增加,处理组鱼样的汁液流失率升幅较对照组缓慢,PL 组和 K + P 组较其他组汁液流失率升幅最为缓慢,且在第 12 天时 K + P 组汁液流失率最小。张楠楠等<sup>[36]</sup>研究也发现了相似的趋势,他们采用  $\epsilon$ -PL 与迷迭香提取物复配液处理大黄鱼,发现贮藏期间处理组持水力显著高于 ( $P < 0.05$ ) 对照组。这主要是由于  $\epsilon$ -PL 能明显减缓微生物的繁殖速度,抑制蛋白质的降解速率,肌原纤维破坏小,能维持鱼肉较高的持水力。魔芋葡甘聚糖也具有较好的持水能力,这与桑鲁燕等<sup>[22]</sup>、陈红惠等<sup>[37]</sup>研究分析结果相似。由此说明, K + P 处理能降低汁液流失,延缓鱼肉品质下降。

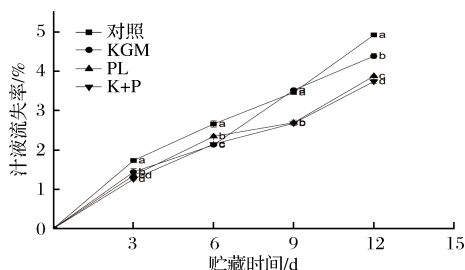


图 1 海鲈鱼冷藏期间汁液流失率的变化

Fig. 1 Changes of drip loss rate during storage of *Lateolabrax japonicus*

注:不同小写字母表示具有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。下同。

## 2.2 海鲈鱼冷藏期间感官评分的变化

根据鱼肉的色泽、气味、肌肉弹性和组织状态来反应其感官品质的变化。由图 2 可知,随着贮藏时间的延长,海鲈鱼片的感官分值呈下降趋势且有所差异。贮藏前期总体分值下降缓慢,从第 3 天起,随微生物的繁殖速度加快,使得鱼肉中脂质氧化、蛋白质分解成低分子化合物,产生不良风味,表面黏液增加,发生色变。但处理组的感官分值始终高于对照组,在第 6 天时对照组已低于 80 分,而 KGM 组、PL 组、K + P 组分值分别为 81、87、85 分。在第 12 天时,处理组分值很接近都处于 60 分左右,对照组则达到最低分为 35 分,此时鱼肉腐烂的气味和颜色的变化使得对照组感官评分明显下降,这与后期测得的 TVB-N 结果吻合。类似的研究表明,经  $\epsilon$ -PL、壳聚糖、 $\epsilon$ -PL 和壳聚糖处理的凡纳滨对虾在 4℃ 贮藏 15 d,样品的初始评分没有显著差异,但此后对照组的接受率显著下降, $\epsilon$ -PL 和壳聚糖处理组有效延长了凡纳滨对虾的保质期。这主要与  $\epsilon$ -PL 的广谱抗菌能力有关,同时也归功于魔

芋葡甘聚糖作为添加剂具有提高产品质量、增强感官品质的特点<sup>[38-39]</sup>。可见 K + P 处理组能有效抑制海鲈鱼微生物生长,保持较好的感官品质。

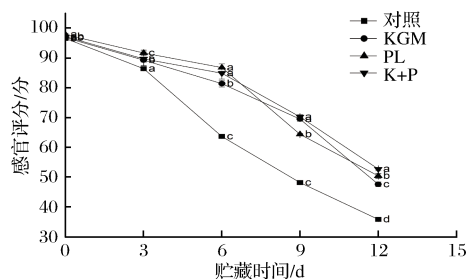


图 2 海鲈鱼冷藏期间感官评分的变化

Fig. 2 Changes of sensory score during storage of *Lateolabrax japonicus*

## 2.3 海鲈鱼冷藏期间 pH 值的变化

pH 值是判定水产品品质优劣的重要指标之一<sup>[40]</sup>。通过不同方式处理海鲈鱼片后,pH 均有不同程度的变化,海鲈鱼片经不同方式处理 pH 变化如图 3 所示。由图 3 可知,各组样品的 pH 值呈先降后升的趋势,前期 pH 降低的原因是:鱼体僵硬至自溶解僵转变阶段,糖原无氧降解形成乳酸及其他途径产生酸类物质,以及 ATP 在酶的作用下分解产生  $H^+$ ,导致 pH 值下降。从第 6 天后,对照组样品的 pH 增长趋势比处理组样品高,且对照组 pH 显著高于各处理组 ( $P < 0.05$ )。这与张涵等研究的结果类似<sup>[41-42]</sup>。pH 值升高主要是随着时间的延长,由于内源酶和微生物的作用,蛋白质分解产生胺类物质,造成碱性物质积累,从而使鱼片的 pH 升高。到第 12 天时,KGM 组与 K + P 处理组的 pH 较低,这表明, $\epsilon$ -PL 与 KGM 复合对于鱼肉内微生物的生长有明显的抑制作用,使得碱性产物的积累变得更加缓慢,有效地控制了 pH 的变化,从而达到保水保鲜效果。

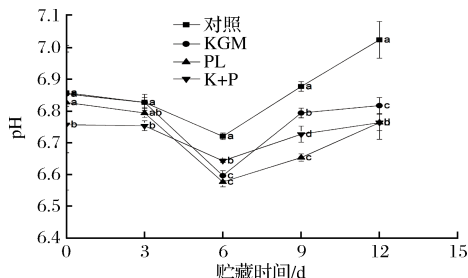


图 3 海鲈鱼冷藏期间 pH 值的变化

Fig. 3 Changes of pH during storage of *Lateolabrax japonicus*

## 2.4 海鲈鱼冷藏期间 TBA 值的变化

TBA 值是评价脂肪氧化程度的重要指标,脂肪

酶水解和自动氧化是引起脂肪氧化的主要因素,在新鲜鱼类的储存过程中,脂质氧化的原因很多,空气中的氧气可以通过使氧气与肌肉成分反应而成为氧化过程的促进剂,另一方面,鱼肉中的促氧化剂从各种破裂的细胞器中释放和扩散<sup>[43]</sup>。不同保水保鲜方式处理海鲈鱼片后 TBA 变化如图 4 所示。随着贮藏时间的延长,TBA 值逐渐上升,且对照组上升趋势明显高于其他处理组,在贮藏前期(前 3 d),各处理组的 TBA 值变化并不明显,但 3 d 后,对照组、KGM 组、PL 组的 TBA 值上升明显,而 K + P 组在前 9 d TBA 值无显著变化。其中对照组和 PL 组样品 TBA 值在冷藏 9 d 后分别增加至 0.865 mg/kg 和 0.773 mg/kg,鱼肉呈现不同程度的酸败现象。对照组样品 TBA 值始终高于经处理的另 3 组,在第 12 天时 TBA 值已达到 0.957 mg/kg,而 KGM 组、PL 组、K + P 组分别为 0.822、0.794、0.765 mg/kg,可见 K + P 组样品中的 TBA 值显著低于其他处理样品中的 TBA 值( $P < 0.05$ )。其他相关研究结果表明似<sup>[44-45]</sup>。因此, $\epsilon$ -PL 与 KGM 复合是一种有效的防氧保护剂,在鱼的保存中起到抗氧化作用,能减缓海鲈鱼片酸败速度,但  $\epsilon$ -PL 与 KGM 复合保鲜的作用机理还尚未有深入研究,有待于未来进一步研究。

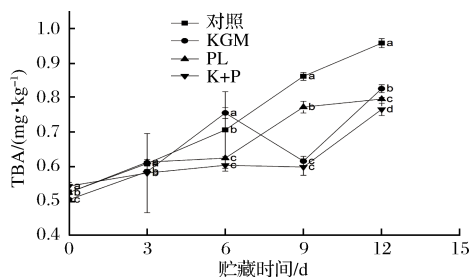


图 4 海鲈鱼冷藏期间 TBA 值的变化

Fig. 4 Changes of TBA during storage of *Lateolabrax japonicus*

## 2.5 海鲈鱼冷藏期间 TVB-N 值的变化

TVB-N 是动物性食品所含蛋白质在腐败过程中受细菌和酶的作用而分解产生的碱性含氮物质,是评定水产品腐败程度的重要化学指标<sup>[35]</sup>。由图 5 可知,随着冷藏时间延长,各处理组样品的 TVB-N 值逐渐增大,这与前面的 TBA 值总体变化趋势相似。样品在贮藏前期,各组样品的 TVB-N 值增长缓慢,贮藏前期主要由于鱼肉僵直收缩释放的蛋白酶使蛋白质分解为胺类物质,使其上升缓慢。随着贮藏时间的延长,鱼肉处于自溶阶段,微生物大量繁殖,产生胞外蛋白酶,使氨基酸发生脱酸脱羧反应,生成大量胺类物

质,导致其 TVB-N 值上升明显。从第 9 天开始对照组、KGM 组、PL 组与 K + P 组 TVB-N 值的差异变得显著,且对照组值明显上升,且高于其他处理组,到第 12 天时对照组的 TVB-N 值达到了最大 35.19 mg/100g,而 KGM 组、PL 组与 K + P 组处理组 TVB-N 值分别达到 25.02、24.48、20.25 mg/100g,尤其是 K + P 组处理组达到了最低。这一研究结果与 CAI 等<sup>[3]</sup>研究结果一致<sup>[46]</sup>,经  $\epsilon$ -PL 与海藻酸钠复合处理的日本海鲈在贮藏 12 d 时 TVB-N 值处于最低。 $\epsilon$ -PL 处理冷却猪肉后,挥发性盐基氮值的上升得到了一定的抑制<sup>[47]</sup>。 $\epsilon$ -PL 能够很好地抑制细菌的生长并且也降低细菌对蛋白质的分解,进而减缓了挥发性盐基氮含量的变大,因此, $\epsilon$ -PL 和 KGM 显著降低了 TVB-N 含量,两者复配能有效延缓海鲈鱼蛋白质品质变化。

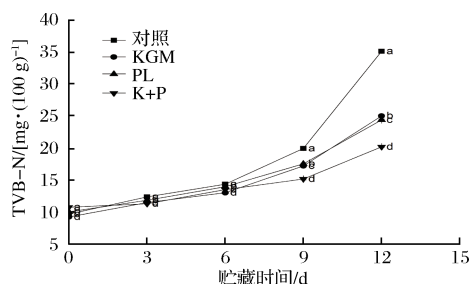


图 5 海鲈鱼冷藏期间 TVB-N 值的变化

Fig. 5 Changes of TVB-N during storage of *Lateolabrax japonicus*

## 2.6 海鲈鱼冷藏期间菌落总数的变化

在贮藏过程中海鲈鱼菌落总数变化如图 6 所示,贮藏初期对照组与处理组样品的菌落总数差异并不明显,随着贮藏时间的延长,样品的菌落总数均呈上升趋势,其中 KGM 组、PL 组与 K + P 组样品菌落总数随着冷藏时间延长而缓慢增加,数量始终低于对照组,0 ~ 6 d 菌落总数基本保持不变,且数量未超过 4.00 lg CFU/g,且在第 6 天时菌落总数分别为 3.88、3.35、3.52 lg CFU/g,属于一级鲜度,在 6 ~ 12 d 时开始逐渐增加,而对照组在第 3 d 菌落总数就达到了 4.00 lg CFU/g,超过了一级鲜度标准。在整个贮藏过程中对照组和 KGM 组样品菌落总数数量显著高于和 PL 组和 K + P 组。冷藏第 9 d 时,对照组菌落总数已超过 6.00 lg CFU/g 高达 6.34 lg CFU/g 超过了国家对于生鲜鱼肉的二级鲜度标准,而 KGM 组、PL 组与 K + P 组样品菌落总数分别为 5.61、5.06、5.36 lg CFU/g 均未超过二级鲜度标准。这与 CAI 等的研究结果相似。表明  $\epsilon$ -

PL 对微生物有明显的抑制作用,同时,KGM 和  $\varepsilon$ -PL 复合作用于鱼肉,在鱼体表面形成保护膜,阻止微生物的进一步侵染,更加有效的抑制微生物生长繁殖。由此表明两者复配具有较好的协同作用。

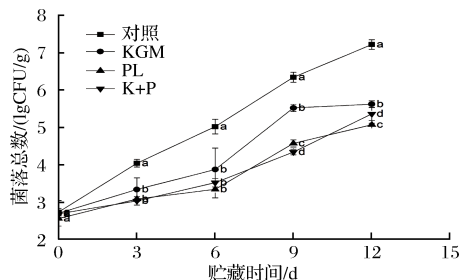


图6 海鲈鱼冷藏期间菌落总数的变化

Fig. 6 Changes of total bacteria count during storage of *Lateolabrax japonicas*

## 2.7 海鲈鱼冷藏期间质构的变化

海鲈鱼在贮藏过程中会迅速丧失硬度以致保质期较短。由图7可知,随着贮藏时间的延长,内源性自溶酶对鱼蛋白不断降解以及微生物的污染,导致鱼肉硬度不断下降,处理组与对照组硬度的变化趋势也有着明显的差异,贮藏期前6d,各组硬度下降缓慢,但处理组下降速度明显低于对照组,从第6天开始,各组硬度下降速度加快,但处理组的硬度始终高于对照组,对照组在贮藏第9天硬度损失了38.6%,而用KGM、PL与K+P处理的海鲈鱼硬度损失程度较低。当贮藏至第12天时,对照组硬度损失达到了最大为59.4%,而KGM、PL与K+P处理组硬度损失相差不大,分别损失了39.8%、41.9%、34.5%,这里KGM组和K+P处理组的样品表现出最小的硬度损失。这一结果可能与KGM的性质有关,有研究表明KGM不仅可以减少果蔬内部水分的蒸发<sup>[39]</sup>,也可以保持果蔬的硬度以达到延长保存期的目的,还可以提高肉糜的硬度、弹性和咀嚼性<sup>[29]</sup>。因此魔芋葡甘聚糖与 $\varepsilon$ -PL复合能更好地保持海鲈鱼的硬度。

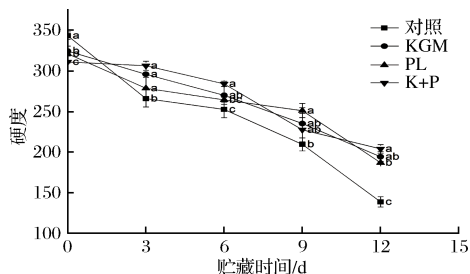


图7 海鲈鱼冷藏期间质构的变化

Fig. 7 Changes of Hardness during storage of *Lateolabrax japonicas*

## 3 结论

在该研究中,将 $\varepsilon$ -PL与KGM复配后应用于在 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下贮藏的海鲈鱼片,并在贮藏过程中测定pH值、汁液流失率、硬度、硫代巴比妥酸值、挥发性盐基氮值、菌落总数和感官品质等指标的变化情况。结果表明,随贮藏时间的延长,海鲈鱼片的综合品质呈下降趋势。其中经 $\varepsilon$ -PL与KGM(K+P)复合处理的海鲈鱼片冷藏第9天时,对照组菌落总数高达6.34 lg CFU/g超过了国家对于生鲜鱼肉的二级鲜度标准,而K+P组样品菌落总数为5.36 lg CFU/g未超过二级鲜度标准,TVB-N和TBA值分别为15.20 mg/100g和0.598 mg/kg,未经处理的样品在6d后出现腐败现象,TVB-N值达14.40 mg/100g,TBA值达0.755 mg/kg。因此, $\varepsilon$ -PL与KGM组成的复配液能明显抑制海鲈鱼片在贮藏期间的氧化变性与微生物的繁殖速率,具有较好的抑菌和抗氧化的保鲜效果。所以, $\varepsilon$ -PL与KGM复配可为海鲈鱼的保鲜提供一种新的方法。

## 参考文献

- [1] AYALA M D, LÓPEZ ALBORS O, BLANCO A, et al. Structural and ultrastructural changes on muscle tissue of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) after cooking and freezing [J]. *Aquaculture*, 2005, 250(1-2): 215-231.
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 2018年渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [3] CAI Luyun, CAO Ailing, BAI Fengling, et al. Effect of  $\varepsilon$ -polylysine in combination with alginate coating treatment on physicochemical and microbial characteristics of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) during refrigerated storage [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 62(2): 1053-1059.
- [4] 魏涯, 钱茜茜, 吴燕燕, 等. 栅栏技术在淡腌半干鲈鱼加工工艺中的应用[J]. *南方水产科学*, 2017, 13(2): 109-120.
- [5] 李颖畅, 王亚丽, 齐凤元, 等. 紫菜多糖提取物对冷藏鲈鱼品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(22): 336-340.
- [6] ERKAN N. Freshness and quality of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice [J]. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 2007, 58: 98-106.
- [7] BÁRBARA TEIXEIRA B, FIDALGO L, MEDDES R, et al. Effect of high pressure processing in the quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets: Pressurization rate, pressure



- level and holding time[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 22: 31 – 39.
- [8] ZINOVIADOU K G, KOUTSOUMANIS K P, BILADE-RIS C G. Physical and thermo-mechanical properties of whey protein isolate films containing antimicrobials, and their effect against spoilage flora of fresh beef[J]. Food Hydrocoll, 2010, 24 (1): 49 – 59.
- [9] CHANG S S, LU W Y, PARK S H, et al. Control of food-borne pathogens on ready-to-eat roast beef slurry by  $\epsilon$ -polylysine[J]. Food Microbiol, 2010, 141 (3): 236 – 241.
- [10] 孙链, 王宇璇, 周辉, 等.  $\epsilon$ -聚赖氨酸对牛肉火腿切片腐败菌的抑制效果[J]. 包装与食品机械, 2017, 35 (6): 26 – 29.
- [11] CHANG S S, LU W Y, KANG D H, et al. Control of foodborne pathogens on ready-to-eat roast beef slurry by  $\epsilon$ -polylysine[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 141 (3): 236 – 241.
- [12] LI Y Q, FENG J L, HAN Q, et al. Effects of  $\epsilon$ -polylysine on physicochemical characteristics of chilled pork [J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7 (9): 2 507 – 2 515.
- [13] TAKAHASHI H, KASHIMURA M, MIYA S, et al. Effect of paired antimicrobial combinations on *Listeria monocytogenes* growth inhibition in ready-to-eat seafood products [J]. Food Control, 2012, 26 (2): 397 – 400.
- [14] 刘梅. Nisin 与聚赖氨酸协同对腐败菌的抑制效果及在鸡胸肉中的应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.
- [15] 汤秋冶, 潘道东, 孙杨赢, 等. 海藻酸钠抗菌复合涂膜对冰鲜鸭肉保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32 (8): 240 – 245.
- [16] 钟燕, 索化夷. 魔芋葡甘聚糖的功能及在食品领域的应用[J]. 中国酿造, 2014, 33 (8): 6 – 9.
- [17] NISHINARI K. Konjac glucomannan [J]. Dev Food Sci, 2004 (41): 309 – 330.
- [18] BEHREA S S, RAY R C. Nutritional and potential health benefits of konjac glucomannan, a promising polysaccharide of elephant foot yam, *Amorphophallus konjac* K. Koch; A review[J]. Food Rev. Int. 2017, 33 (1): 22 – 43.
- [19] RAMYA DEVI DEVARAJ, CHAGAM KOTESWARA REDDY, XU Baojun. International Journal of Biological Macromolecules [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 19 (11): 273 – 281.
- [20] ZHOU Y, CAO H, HOU M, et al. Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour[J]. Food Research International, 2013, 51 (2): 879 – 885.
- [21] YANG D, YUAN Y, WANG L, et al. A review on konjac glucomannan gels: Microstructure and application [J]. Int J Mol Sci, 2017, 18 (11): 2250.
- [22] 桑鲁燕, 周桢, 周小华. 等. 魔芋葡甘聚糖的研究现状[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7 (4): 1 382 – 1 386.
- [23] 孙海燕. 魔芋葡甘聚糖复合涂膜对樱桃保鲜效果研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35 (14): 107 – 110.
- [24] 赖明耀, 兰润, 李雪晖, 等. 葡甘聚糖/蜂蜡复合液膜对鲜切琯溪蜜柚保鲜研究[J]. 粮食与油脂, 2014, 27 (2): 51 – 54.
- [25] 曹珍珍, 周林燕, 李淑荣, 等. 壳聚糖和魔芋精粉复合涂膜对大白杏保鲜效果的影响[J]. 核农学报, 2014, 28 (11): 2 051 – 2 057.
- [26] 冯若瑶, 杨亚卉, 王衍鹏, 等. 壳聚糖魔芋葡甘聚糖复合涂膜对白沙枇杷保鲜效果的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (4): 1 002 – 1 004.
- [27] 李雪晖, 彭述辉, 林好, 等. 魔芋葡甘聚糖复配膜对常温芒果保鲜效果的影响[J]. 热带生物学报, 2012, 3 (2): 155 – 161.
- [28] 黄杨敏, 孙晔, 耿思翌, 等. 魔芋葡甘聚糖复合涂膜对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2016, 37 (8): 266 – 271.
- [29] 谭燕, 刘曦, 袁芳. 魔芋葡甘聚糖的结构、性质及其在食品中的应用[J]. 中国调味品, 2019, 44 (2): 168 – 179.
- [30] 肖满, 吴考, 倪学文, 等. 含肉桂水提物的魔芋葡甘聚糖涂膜液对冷鲜猪肉的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2017, 38 (12): 305 – 309.
- [31] HE Y F, HUANG H, LI L H, et al. Freshness and shelf life of air packaged and modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during freezing-point storage[J]. Journal of Nutrition & Food Sciences, 2016, 6 (6): 564 – 570.
- [32] CHAIJAN M, PANPIPAT W, NISOA M. Chemical deterioration and discoloration of semi-dried tilapia processed by sun drying and microwave drying[J]. Drying Technology, 2016, 35 (5): 642 – 649.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009. 228—2016 食品中挥发性盐基氮的测定[S]. 北京: 中华人民共和国国家标准出版社, 2016.
- [34] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 4789. 2—2016 食品微生物学检验-菌落总数测定[S]. 北京: 中华人民共和国国家标准出版社, 2016.
- [35] 吴燕燕, 赵志霞, 李来好, 等. 不同包装与贮藏条件对两种低盐腌制罗非鱼片的品质影响[J]. 食品科学, 2019, 40 (9): 241 – 247.
- [36] 张楠楠, 蓝蔚青, 黄夏, 等. 迷迭香复配液对大黄鱼冰藏

- 品质及水分迁移影响[J]. 食品科学, 2019, 40(7):247-253.
- [37] 陈红惠,刘芳,沈清清. 魔芋葡甘聚糖-壳聚糖复合膜对马关塘房桔保鲜效果研究[J]. 北方园艺,2015(21):128-131.
- [38] NA S, KIM J H, JANG H J, et al, Shelf life extension of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using chitosan and  $\epsilon$ -polylysine during cold storage[J]. International Journal of Biological Macromolecules,2018,115(8):1 103-1 108.
- [39] 魏恩惠,吴继江,刘冰,等. 魔芋葡甘聚糖的性质及在食品中的应用[J]. 食品工业,2016,37(5):239-242.
- [40] 胡玥,杨水兵,余海霞,等. 微冻保鲜方法对带鱼品质及组织结构的影响[J]. 食品科学,2016,37(18):290-297.
- [41] 张涵,徐高原,冯爱国,等. 聚赖氨酸复合涂膜协同气调包装对金鲳鱼保鲜作用研究[J]. 食品科技,2018,43(11):166-171.
- [42] OZYURT G, KULEY E, BALIKCI E, et al. Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage[J]. Food and Bioprocess Technology, 2012,5(7):2 777-2 786.
- [43] CHAIJAN M, BENJAKIL S, VISESSANGUAN W, et al. Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage[J]. Food Chemistry, 2006,99(1):83-91.
- [44] 高乾坤,杜贺超,赵云飞,等. 不同生物保鲜剂对带鱼冷藏保鲜效果的比较[J]. 食品工业科技,2018,39(22):270-275.
- [45] 张颖. 魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):146-149.
- [46] 贺羽,王帅,金益,等. 天然保鲜剂对低温肉制品的保鲜作用[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):177-182.

## Combined preservation effects of $\epsilon$ -polylysine and konjac glucomannan on *Lateolabrax japonicas* fillets

ZHANG Haiyan<sup>1,2</sup>, WU Yanyan<sup>1,2\*</sup>, YANG Shaoling<sup>1</sup>,  
YANG Xianqing<sup>1</sup>, LIN Wanling<sup>1</sup>, HUANG Hui<sup>1</sup>

1(South China Sea Fisheries Reserch Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Lab of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Guangzhou 510300, China)

2(College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**ABSTRACT** The combined effects of  $\epsilon$ -polylysine (PL) /konjac glucomannan (KGM) treatment on the sensory and physicochemical characteristics of *Lateolabrax japonicas* fillets stored at  $4 \pm 1$  °C for 12 days were investigated. The pH value, juice loss rate, texture, thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS), total volatile basic nitrogen (TVB-N), total viable count and sensory evaluation of the fish fillets were measured. In the control group, the total number of colonies on the 9th day reached 6.34 lg CFU/g, exceeding the secondary freshness standard and the sensory score was unacceptable, while the sensory quality of samples in the  $\epsilon$ -polylysine and konjac glucomannan group (K + P) remained satisfactory, with TBA value and TVB-N value of 0.765 mg/kg and 20.25 mg/100g respectively on the 12 d. Meanwhile, the pH value, juice loss rate, texture, total number of colonies and sensory quality were all lower than those of the single fresh-keeping group and the control group. The combined preservation effect of  $\epsilon$ -polylysine and konjac glucomannan proved superior to that of single preservative and control group and could prolong the shelf life of fresh *Lateolabrax japonicas* up to 9 days. This study provides a new direction for the preservation of aquatic products in the future as well as a theoretical reference for the application of  $\epsilon$ -polylysine and konjac glucomannan.

**Key words** *Lateolabrax japonicas*;  $\epsilon$ -polylysine; konjac glucomannan; storage; preservation